

Translation of the attached sheet (Japanese text portions only)

Patent No./Publication	Inventor(s)/Author(s)	Date etc
Japanese Patent (Kokai) Heisei 09-248935; N. Yamamoto et al.; Sept. 22, 1997		
*Concise Explanation		
<p>This document discloses a method for embedding an electronic watermark in image data to be output to printed matter. The watermark is embedded by utilizing those high spatial frequency components which human beings can hardly sense and the characteristics of color difference components. The document does not describe any technology for preventing damage to the watermark information when this information is subject to image processing by a printer (i.e., a recording apparatus). Therefore, the electronic watermark processing shown in the document is not applicable, for example, to a melt-type thermal transfer printer that performs a pixel-skipping operation.</p>		
Japanese Patent (Koukoku) Heisei 06-59739; T. Oohara et al.; May 25, 1988		
* <p>This document discloses a melt-type thermal transfer recording system. Transfer dots are arranged in a so-called "staggered fashion" (an alternate-drive recording system). The document proposes a method for improving the resolution recording property, but does not consider any image processing (e.g., electronic watermarks) for enhancing the security level. If electronic watermark processing is applied to the system of the reference, the watermark information is inevitably damaged.</p>		
Japanese Patent (Kokai) 2001-274971; M. Kawahara; Oct. 5, 2001		
* <p>The document discloses a method for embedding information in a predetermined gradation image (monochromatic or color) as a shared pattern. The information embedded according to the method of the document can be visually recognized. In contrast, the information embedded according to the present invention is hard to recognize visually. The document does not describe any technology for preventing</p>		

Background Art Information

damage to the watermark information when this information is subject to image processing by a printer.		Prior Applications of Inventors or of Kabushiki Kaisha Toshiba (Assignee) Application No. Toshiba Reference Country Agent memo		Inventor(s)		Signature & Date	
Patent engineer's comment on inventor's information or patent engineer's information							
* the same as above							
Checked by				Dated			
Toshiba Reference				Japanese Agent's Ref		sheet	

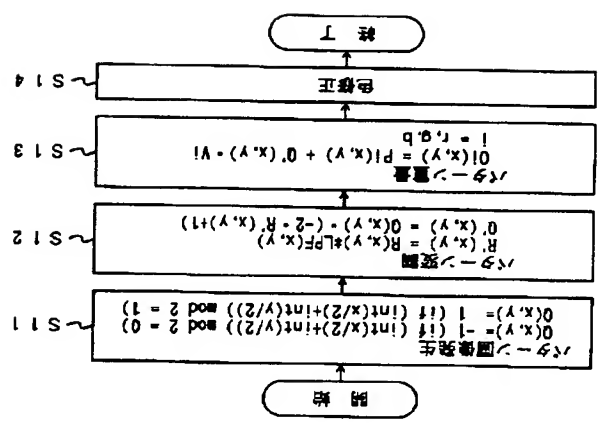
特開平9-248935

(43) 公開日 平成9年(1997) 9月22日

(51) Int. Cl. ⁶	B 41 J 2/44	G 03 G 15/01	H 04 N 1/387	1/40
識別記号	片内整理番号	F I	技術表示箇所	
		B 41 J 3/00	M	
		G 03 G 15/01	S	
		H 04 N 1/387		
		1/44		
		G 03 G 21/00		5 5 4
				審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 20 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願平8-57529	(22) 出願日	平成8年(1996) 3月14日
(54) 【発明の名称】 画像記録/再生装置			
(71) 出願人 000003078 株式会社東芝 神奈川県川崎市幸区堀川町72番地 (72) 発明者 山本 直史 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株 株式会社東芝研究開発センター内 (72) 発明者 関沢 秀和 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株 株式会社東芝研究開発センター内 (72) 発明者 川上 晴子 神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株 株式会社東芝研究開発センター内 (74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦 最終頁に続く			

(57) 【要約】
【課題】複雑な信号処理を必要としない簡易な操作により、パーソナルコンピュータに重量された画像を再生できるように記録するための画像記録装置を提供する。
【解決手段】既定のパターン画像Q(x,y)に対し埋込み画像R(x,y)により変調を施してパターン変調画像Q'(x,y)を生成し、このパターン変調画像Q'(x,y)を被埋込み画像P(x,y)に重量して記録する。



前記パターン画像信号のパターンと同一パターンの透過率分布を有し、前記記録物上に配置されるシートを備えることを特徴とする画像再生装置。

【請求項6】既定のパターン画像信号に対し第1の画像信号により変調を施して得られるパターン変調画像信号を第2の画像信号に重畳した画像信号が画像として記録された記録物から前記第1の画像を可視画像として再生するための画像再生装置であって、

前記パターン画像信号のパターンと同一パターンの厚み分布を有し、前記記録物上に配置される光学素子を備えることを特徴とする画像再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は画像処理装置に係り、特に主たる画像に別の付加的な画像を重畳して記録するための記録装置および付加的な画像が重畳記録された画像からその付加的な画像を再生するための再生装置

【0002】

【従来の技術】ある画像に他の付加情報（主として画像）を重畳して、付加情報を見えない状態で画像と共に記録する技術は、例えば顔写真などの画像が記録されたIDカード、ロイヤークや印影などが画像として記録された書類その他の記録物の改竄、偽造を防止する上で有効である。記録画像に付加情報を重畳する方法として、

従来より以下に挙げる方式が知られている。
【0003】（1）「カラー濃度パターンによる画像へのチキストデータの合成符号化法」、画像電子学会誌、17-4（1988）、p194-198（文献1）

には、擬似階調表現されたデジタル画像に情報を重畳する方法が開示されている。この方式では濃度を擬似階調表現する際に、同じ濃度を複数通りの階調パターンで表現できる自由度を利用して付加情報を重畳する。

【0004】（2）小松他：「文書画像通信におけるデジタル透かしの提案と署名への応用」、信学論J72-B-1、p208-218（文献2）では、第2の画像に所定の交換を施したものを第1の画像にデジタル的に重畳する。この方法では、第2の画像の低周波数成分を高周波数成分に変換することにより、第2の画像は人間には見えないか、ノイズ状の無意味なものとして観測される。これら第1の画像と第2の画像の重畳画像に所定の第2の交換を施すことにより、第2の画像を復元できる。

【0005】（3）特開平4-294862（文献3）では、カラー複写機のハーブロー出力から、記録した複写機などを特定できる方式について開示している。この方式では、ハーブロー出力に重ねて黄色の小さいドットパターンを記録する。このドットパターンは複写機の型番などの条件に応じた形状となっている。このハーブロー出力をスキヤナなどで読み取り、重ねて記録し

【特許請求の範囲】

【請求項1】既定のパターン画像信号を発生するパターン画像発生手段と、

前記パターン画像信号に対し第1の画像信号により変調を施してパターン変調画像信号を生成する変調手段と、前記パターン変調画像信号を第2の画像信号に重畳する重畳手段と、

この重畳手段から出力される画像信号を入力して画像を記録する記録手段とを備えることを特徴とする画像記録装置。

【請求項2】既定のパターン画像信号を発生するパターン画像発生手段と、

第1の画像信号を平滑化する平滑化手段と、前記パターン画像信号に対し前記平滑化手段で平滑化された第1の画像信号により変調を施してパターン変調画像信号を生成する変調手段と、

前記パターン変調画像信号を第2の画像信号に重畳する重畳手段と、

この重畳手段から出力される画像信号を入力して画像を記録する記録手段とを備えることを特徴とする画像記録装置。

【請求項3】各画素毎に所定の色差量に与えるゲインの値を既定のパターンで配列したパターン画像信号を発生するパターン画像発生手段と、

前記パターン画像信号に対し第1の画像信号により変調を施してパターン変調画像信号を生成する変調手段と、前記パターン変調画像信号を前記所定の色差量に乗じた後にカラー画像信号からなる第2の画像信号に重畳する重畳手段と、

この重畳手段から出力される画像信号を入力して画像を記録する記録手段とを備えることを特徴とする画像記録装置。

【請求項4】各画素毎に所定の色差量に与えるゲインの値を既定の不規則パターンで配列したパターン画像信号を発生するパターン画像発生手段と、

前記パターン画像信号に対し第1の画像信号により変調を施してパターン変調画像信号を生成する変調手段と、前記パターン変調画像信号をインク濃度信号に変換する変換手段と、

前記インク濃度信号に従って誤差拡散法により前記パターン変調画像信号を第2の画像信号に重畳する重畳手段と、

この重畳手段から出力される画像信号を入力して画像を記録する記録手段とを備えることを特徴とする画像記録装置。

【請求項5】既定のパターン画像信号に対し第1の画像信号により変調を施して得られるパターン変調画像信号を第2の画像信号に重畳した画像信号が画像として記録された記録物から前記第1の画像を可視画像として再生するための画像再生装置であって、

を再生することができない。すなわち、複数の画像に対して情報を再現しようとすると、その枚数分の対応する画像を用意しておく必要がある。

【0013】本発明は、複雑な信号処理を必要としない簡易な操作により、ハードコピーに重量された画像を再生できるように記録するための画像記録装置および重量記録された画像を再生するための画像再生装置を提供することを目的とする。

【0014】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため、本発明は付加的に記録すべき画像により既定のパターン画像信号を発生するパターン画像発生手段と、このパターン画像信号に対し第1の画像信号により変調を施してパターン変調画像信号を生成する変調手段と、このパターン変調画像信号を第2の画像信号に重量する重量手段と、この重量手段から出力される画像信号を入力して画像を記録する記録手段とを備えることとする。

【0016】また、本発明に係る画像記録装置では、第1の画像信号を平滑化する平滑化手段をさらに備え、この記平滑化手段で平滑化された第1の画像信号によりパターン画像信号に対し変調を施してもよい。

【0017】本発明に係る一つの態様による画像記録装置は、各画像毎に所定の色差量に与えるグレイの値を既定のパターンで配列したパターン画像信号を発生するパターン画像発生手段と、このパターン画像信号に対し第1の画像信号により変調を施してパターン変調画像信号を生成する変調手段と、このパターン変調画像信号を前記所定の色差量に乗じた後にカラー画像信号からなる第2の画像信号に重量する重量手段と、この重量手段から出力される画像信号を入力して画像を記録する記録手段とを備えることとする。

【0018】本発明の他の態様による画像記録装置は、各画像毎に所定の色差量に与えるグレイの値を既定の不規則パターンで配列したパターン画像信号を発生するパターン画像発生手段と、このパターン画像信号に対し第1の画像信号により変調を施してパターン変調画像信号を生成する変調手段と、このパターン変調画像信号をインク濃度信号に変換する変換手段と、このインク濃度信号に従って誤差拡散法によりパターン変調画像信号を第2の画像信号に重量する重量手段と、この重量手段から出力される画像信号を入力して画像を記録する記録手段とを備えることとする。

【0019】本発明に係る画像再生装置は、既定のパターン画像信号に対し第1の画像信号により変調を施して

たビットパターンを抽出して所定の信号処理を行うことにより、記録した複写機を同定できる。

【0006】(4) 特開平7-123244 (文献4)

は、付加情報をカラー画像に高周波数の色差信号として重量する方法を開示している。この方式では付加情報をコード化し、コードに対応した高空間周波数ピークを持つ色差成分を原画像に重量して記録している。高空間周波数の色差成分は人間に見えにくいので、重量した付加情報はほとんど原画像を劣化させない。また、一般の画像には高周波の色差成分はほとんど含まれないので、記録画像を読み取り、信号処理によって高周波の色差成分を抽出することにより、重量した付加情報を再生することができ。

【0007】(5) 画像への付加情報の重量ではないが、類似の例として六浦：「復号処理の簡易な画像暗号化方式」、信学論J72-B-1, 12 (文献5) の方式が知られている。この方式は2つのランダムな画像を形成し、これらを重ねると有意な画像が現れるというものである。しかし、有意な画像の上に目に見えない形の情報を重量するものではない。

【0008】(6) 岡：「情報の視覚的暗号化」、1995年電子情報通信学会基礎・境界ソサイエティ大会予稿A-123 (文献6) では、ある画像を擬似階調表現するに際し、特定の領域だけ互いに異なる濃度階調表現のパターンを持つような2枚の画像を作成し、2枚の画像を重ねると特定の領域が濃く表われるという方式を提案している。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】以上に挙げた公知技術のうち、(1) および(2) の技術はデジタル画像に別の付加情報を重量するものであるが、デジタル信号上で重量操作を行うものであり、ハードコピー出力を対象としたものではない。また、重量した付加情報を抽出するのに複雑な信号処理や演算処理が必要となり、簡易に付加情報を再生することは難しい。さらに、これらの方式で作成した画像をハードコピー記録を組み合わせることは可能であるが、記録と読み取りの動作を行うことにより、重量した付加情報は著しく劣化してしまい、付加情報の復元は困難である。

【0010】(3) および(4) の技術は、ハードコピー画像を対象としたものであるが、重量した付加情報の再生を行うために、画像の読み取りと信号処理や演算を行う必要がある、やはり重量した付加情報を簡易に再生することは困難であった。

【0011】(5) の技術では、記録物上にシートを重ねることにより、情報を簡易に再生することはできるが、これは単独ではランダムな画像であり、有意な画像に別の情報を重量することに用いることはできない。

【0012】(6) の技術では、重ねる2枚の画像が対になっており、対になっていない画像を重ねないと情報

得られるパターン変調画像信号を第2の画像信号に重量した画像信号が画像として記録された記録物から第1の画像を可視画像として再生するための画像再生装置であって、パターン画像信号のパターンと同一パターンの透過率分布を有するシートを記録物上に配置して構成される。

【0020】本発明に係る他の画像再生装置は、既定のパターン画像信号に対し第1の画像信号により変調を施して得られるパターン変調画像信号を第2の画像信号に重量した画像信号が画像として記録された記録物から第1の画像を可視画像として再生するための画像再生装置であって、パターン画像信号のパターンと同一パターン

の厚み分布を有する光学素子を記録物上に配置して構成

される。

【0021】このように本発明では、重量して記録すべき第1の画像信号により既定のパターン画像信号を変調して得られるパターン変調画像信号を第2の画像信号に重量して画像として記録する。この場合、既定のパターン画像として例えば各画素毎に所定の色差量に与えるグレインの値を既定のパターンで配列した高空間周波数の色差パターンのような視覚的に見えにくいパターンを用いることにより、重量した画像情報は視覚的にはほとんど見えず、現画像である第2の画像の画質を損なうことはない。

【0022】また、こうして記録された記録物の上に既定の画像パターンに対応した透過率分布または厚み分布を有するシートや光学素子などを重ねることにより、第2の画像が可視化され、複雑な信号処理を必要とすることなく簡単に第2の画像を再生を行うことができる。

【0023】

【発明の実施の形態】

(第1の実施形態) 以下、本発明を画像合成記録/再生装置に適用した第1の実施形態について説明する。本装置は、2つの画像を合成して記録し、再生する装置である。2つの画像の合成は第1の画像を「埋込み画像」と表現し、第1の画像を「埋込み画像」として第2の画像を「被埋込み画像」とそれぞれ呼ぶことにする。また、埋込み画像を人間が見えるようにする操作を「再生する」と表現するものとする。

【0024】図1に、本実施形態に係る画像合成記録装置の構成を示す。この画像合成記録装置はCPU101、画像メモリ102、画像入力部103、プログラムメモリ104および画像記録部105よりなり、これらは全てバス106により接続されている。CPU10

1、画像メモリ102、画像入力部103およびプログラムメモリ104によって画像処理部107が構成される。

【0025】この画像合成記録装置の動作を簡単に説明すると、まず画像入力部103を通して被埋込み画像および埋込み画像を画像メモリ102の所定の領域にそれぞれ書込む。そして、以下に示すアルゴリズムに基づき、これらの画像に計算処理を施して合成画像を作成し、この合成画像を画像記録部105でカラースペクトルとして記録する。

【0026】これら一連の処理は、全てプログラムメモリ104内に格納されたプログラムに従ってCPU101により行われる。なお、処理には専用の装置を用いてよいが、パーソナルコンピュータなどの汎用の計算機を用いてもよい。この場合、画像メモリ102とプログラムメモリ104は同一のメモリを領域を分けて利用するのが一般的である。

【0027】次に、本装置の入力画像である被埋込み画像および埋込み画像の構成と、画像処理の内容や意味について詳細に説明する。

【0028】入力画像は通常、計算機での表現に用いられるのと同様に、直交座標系の各格子点上で濃度の定義されたデジタル情報として表現される。ここでは、直交座標系の2軸をx軸、y軸とし、便宜上それぞれ横、縦と表現する。

【0029】本実施形態では、埋込み画像は図形や文字などのモノクロ2値画像を用いる。画像(x, y)の濃度値をR(x, y)と表わす。一方、被埋込み画像にはフルカラー画像を用い、R, G, Bの各色成分の画素値をPr(x, y), Pg(x, y), Pb(x, y)と表わす。これらの画素値はPr=0, Pg=0, Pb=0の場合に黒、Pr=1, Pg=1, Pb=1の場合に白をそれぞれ表わすことにする。

【0030】次に、本実施形態における画像処理のアルゴリズムについて詳細に説明する。処理手順を図2のフローチャートに示す。

【0031】[第1ステップ(パターン発生)] まず、第1ステップS11でパターン画像Q(x, y)を発生する。パターン画像は、埋込み画像により変調されて被埋込み画像に重量される画像であり、人間の目に感じにくい空間周波数の高い画像であることが望ましい。

【0032】本実施形態では、パターン画像Q(x, y)として図3に示すような市松模様のパターン画像を用いる。ここでは、パターン画像Q(x, y)の各画素を1または-1という数値で表わしているが、その物理的意味は、各画素毎に所定の色差量(Vr, Vg, Vb)に与えるグレインである。このようなパターン画像Q(x, y)を色差パターン画像という。図3に示すパターン画像Q(x, y)は、グレイン1およびグレイン-1の画素を(4×4)画素を単位として市松状に配列したパ

ターン画像であり、その生成式を式(1)に示す。

* 【0033】

$$\begin{aligned} & \text{ならば } Q(x, y) = -1 \\ & (\text{int}(x/2) + \text{int}(y/2)) \bmod 2 = 0 \\ & \text{ならば } Q(x, y) = 1 \\ & (\text{int}(x/2) + \text{int}(y/2)) \bmod 2 = 1 \end{aligned}$$

(1)

※パターン画像 $Q(x, y)$ に変調を施す。この際、まず埋込み画像 $R(x, y)$ を式(2)に従って平滑化フィルタにより処理し、平滑化埋込み画像 $R'(x, y)$ を得る。

【0035】
【教1】

【0034】[第2ステップ(パターン変調)]次に、第2ステップS12で埋込み画像 $R(x, y)$ によって※

$$R'(x, y) = \sum_i R(x-x_i, y-y_i) \cdot A(x_i, y_i) \quad (2)$$

* 【0037】この平滑化埋込み画像 $R'(x, y)$ によって、式(3)に従いパターン画像 $Q'(x, y)$ の変調を行い、パターン変調画像 $Q''(x, y)$ を得る。

【0038】

$$(x_i, y_i) = 1/25 \text{ である。}$$

*

【0036】ただし、 x_i, y_i, A_i は平滑化フィルタのカーネルを表わす。本実施形態では、図4(a)に示すようなカーネルの (5×5) 画素の平滑化フィルタを用いる。すなわち、 $-2 \leq x_i, y_i \leq 2$ であり、 $A_i(x_i, y_i) = 1/25$ である。

$Q'(x, y) = Q(x, y) \cdot (-2 \cdot R'(x, y) + 1)$ (3)
この処理により、パターン変調画像 Q' (x, y)として、 $R' = 1$ の領域ではパターン画像 Q (x, y)の1倍、すなわちパターン画像 Q (x, y)を反転した画像が得られ、 $R' = 0$ の領域ではパターン画像 Q (x, y)そのものがパターン変調画像となる。 R' が1と0の間の値をとる領域では、パターン変調画像 Q' (x, y)はこれらの間の中間的な値となる。 R' は平滑化された信号なので、埋込み画像 R (x, y)のエッジ領域で1と0の間をとる。従って、以上の処理により埋込み画像 R (x, y)の画素値に応じて振幅の極性が反転し、エッジ部では振幅がなだらかに変化する画像が得られ、 $0 < x < 1$ の場合に1をとる関数

$$Q'(x, y) = Q(x, y) \cdot (x + g(R'))$$

ただし、 $g(x)$ は $x = 0$ の場合に0、 $x = 1$ の場合に

3、 $0 < x < 1$ の場合に1をとる関数
このように位相変調を行った場合、 $R' = 1$ の領域ではパターン画像 Q (x, y)が4画素だけx軸方向にシフトし、 $R' = 0$ の領域ではパターン画像 Q (x, y)そのものがパターン変調画像 Q' (x, y)となる。パターン画像 Q (x, y)は4画素を周期とするx軸対称な周期画像なので、4画素シフトと振幅の1倍は同じ意味となる。従って、この位相変調による処理結果と先に示した振幅変調による処理結果は、 R' が0、1の部分では等価となり、 R' の値が中間値をとる埋込み画像 R (x, y)のエッジ部分だけ異なることになる。この位

●
 $Q'(x, y) = Q(x, y) + g(R')$ (R' (x, y) (4-2))
埋込み画像 R (x, y)の平滑化は、図4(a)に示したような (5×5) 画素の縦横対称な2次元の参照領域による平滑化に限るものではない。例えば、図4(b)

(c) (d)に示すように、参照領域が縦横非対称な矩形や1次元の矩形、矩形でない形でもよい。さらに、図50

4 (e)に示すような重みつき平滑化でもよい。特に、この処理を後述するバイナリ方式のハードウェアで行う場合は、少ない容量のライメモリで構成できる図4 (b) (c)などの方式で平滑化を行う方が回路コストを低くできる。

【0044】

相変調を行ってもよい。

【0043】また、上記説明はx軸方向への位相変調の例であるが、式(4-2)に示すようにy軸方向への位相変調を行ってもよい。

【0042】図6は、この位相変調処理の場合の埋込み画像が得られる。
埋込み画像 R (x, y)、平滑化埋込み画像 R' (x, y)、パターン画像 Q (x, y)およびパターン変調画像 Q' (x, y)の関係を図5と同様に1次元で表わした図で

$$(x, y), y) \quad (4-1)$$

◆相変調処理では、エッジ部分で位相がなだらかに変化する画像が得られる。

(4-1)

【0041】

ような位相変調を用いてもよい。

【0040】なお、上記説明ではパターン画像 Q (x, y)に対して平滑化埋込み画像 R' (x, y)により振幅変調を施したが、他の例として式(4-1)で表される。

ただし、図5では便宜上、画像を1次元で表わしている。

埋込み画像 R' (x, y)、パターン画像 Q (x, y)およびパターン変調画像 Q' (x, y)の関係を示す。

【0039】図5に、埋込み画像 R (x, y)、平滑化パターン変調画像 Q' (x, y)として得られる。

$$(-2 \cdot R'(x, y) + 1) \quad (3)$$

【0038】

【0037】この平滑化埋込み画像 R' (x, y)によ

って、式(3)に従いパターン画像 Q' (x, y)の変調を行い、パターン変調画像 Q'' (x, y)を得る。

【0036】

【0035】

【0034】

【0033】

【0032】

【0031】

【0030】

【0029】

【0028】

【0027】

【0026】

【0025】

【0024】

【0023】

【0022】

【0021】

【0020】

【0019】

【0018】

【0017】

【0016】

【0015】

【0014】

【0045】第3スラップ(パターン重量)に次に、

第3スラップS13でパターン変調画像Q'(x, y)

を被埋込み画像に重量する。本実施形態ではこの重量処

理として単純な加算演算を行っている。前述したよう

に、パターン画像Q(x, y)は色差量(Vr, Vg,

Vb)に与えるゲインなので、被埋込み画像をP!

(x, y) (i=r, g, b)とし、パターン変調画像

Q'(x, y)の色差量(Vr, Vg, Vb)を乗じて

から被埋込み画像をP!(x, y)に加算する。こ

で、色差量(Vr, Vg, Vb)は明度が0または概略*10

【0047】

$$\begin{aligned} O_r(x, y) &= P_r(x, y) + Q'_r(x, y) \cdot V_r \\ O_g(x, y) &= P_g(x, y) + Q'_g(x, y) \cdot V_g \\ O_b(x, y) &= P_b(x, y) + Q'_b(x, y) \cdot V_b \end{aligned}$$

$$\text{もし } O_r(x, y) \geq 1 \text{ ならば、} O_r(x, y) = 1$$

$$\text{もし } O_r(x, y) < 0 \text{ ならば、} O_r(x, y) = 0$$

(5)

※のマトリクスAcr, Acg, Acb, Amr, Am

g, Amb, Avr, Avg, Avbは、画像記録部1

05で使用する各インクの色度依存する値であり、画

像記録部105に適した値に選ばれる。

【0048】

【数2】

(6-1)

$$\begin{bmatrix} \log(O_r) \\ \log(O_g) \\ \log(O_b) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A_{cr} & A_{cg} & A_{cb} \\ A_{mr} & A_{mg} & A_{mb} \\ A_{vr} & A_{vg} & A_{vb} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} \log(DM) \\ \log(DM) \\ \log(DY) \end{bmatrix}$$

(6-2)

る。

【0052】以上の説明では、一連の画像合成処理をソ

フトウェア処理で実現したが、ハードウェアで実現する

ことも可能である。

【0053】図7に、前述した一連の画像合成処理をハ

ードウェアで実現する画像合成記録装置の構成を示す。

画像処理部は、埋込み画像と被埋込み画像を格納する2

つの画像メモリ701, 702、パターン発生部70

3、パターン変調部704およびパターン重量部705

からなり、これらに画像記録部706が組み合わされ

て画像合成記録装置が構成される。

【0054】まず、パターン発生部703からパターン

画像信号として例えば色差パターン画像信号753が発

生される。そして、パターン変調部704において第1

の画像メモリ701から出力された埋込み画像信号75

1に従って、色差パターン画像753に例えば式(4-

1)または(4-2)で示される位相変調が施されるこ

とにより、パターン変調画像信号754が生成される。

次に、パターン重量部705によりパターン変調画像信

号754が第2の画像メモリ702から出力された被埋

込み画像信号752に重量され、パターン重量画像信

号755が生成される。そして、このパターン重量画像信

30

【0049】なお、最初からYMCベースで処理を行え

ば、この第4スラップS14の処理は省くことができ

る。

【0050】以上が本実施形態における画像合成の一連

の処理であり、この処理の後、画像記録部105でイン

ク量信号OC, OM, OYに応じてカラー画像をハ

ードコピーとして記録する。これにより、パターン重量画像

OR', OG', OB' とほぼ同じRGB成分を持つカ

ラー画像が所定の記録物(記録紙)上に記録される。画

像記録部105としては、例えば昇華型の熱転写方式の

リソグが用いられる。昇華型熱転写方式は、画素毎に1

00階調以上に濃度制御ができ、容易にフルカラー記録

40

が可能である。

【0051】画像記録部105には、これ以外にも例え

ば銀塩写真方式を用いてもよいし、インクジェット方

式、溶融型の熱転写方式などの2値記録に適した記録系

を用いてもよい。ただし、2値記録リソグを用いる場

合は、階調を表現するために誤差拡散法や組織ノイズ法

などの擬似階調処理を行う必要がある。これらの処理を

行うと、リソグの記録密度に近い高空間周波数の画像

情報に乱れたり欠落するので、パターン画像の空間周波

数よりも十分に記録密度の高い記録系を用いる必要があ

* 像信号752が加算される。パターン変調画像信号754および被埋込み画像信号752は共にRGBの時系列信号であり、加算器716では同じ成分同士がそれぞれ加算される。この加算器716の加算結果がクリップレベル717によりクリップされ、パターン重畳画像信号755として出力される。すなわち、クリップレベル717は加算器716の加算結果が0より小さい場合は出力を0に、255より大きい場合は出力を255にする操作を行う。

【0059】パターン重畳部705から出力されたパターン重畳画像信号755はRGBの3色成分を持つ信号であり、色修正部706により画像記録部707でのインク量を表わすインク量信号756に変換される。色修正部706は、例えばルックアップテーブルを用いる。このテーブルは式(6-1)、(6-2)に従って予め計算され、メモリに格納されている。

【0060】このようにハートウェアによっても、容易に前記の画像合成処理を実現することが可能である。ハートウェアを用いると比較的高速に信号処理を行うことができるので、短時間で大量の枚数の画像を作成する場合、特に有効である。

【0061】次に、以上の処理によって記録された被埋込み画像と埋込み画像との合成画像(パターン重畳画像)の性質について説明する。この合成画像は、視覚的にはほぼ被埋込み画像と同じに見える画像となり、埋込み画像の情報は全くもしくはほとんど見えない情報となっている。

【0062】被埋込み画像のRGB色成分を $P_r(x, y)$ 、 $P_g(x, y)$ 、 $P_b(x, y)$ とし、埋込み画像を $R(x, y)$ 、平滑化埋込み画像を $R'(x, y)$ 、 $O = R(x, y) * LPF(x, y)$ とすると、合成画像のRGB成分 $O_r(x, y)$ 、 $O_g(x, y)$ 、 $O_b(x, y)$ は、式(7)で表わされる。

【0063】

$$\begin{aligned} O_r(x, y) &= P_r(x, y) + Q(x, y) \cdot V_r \cdot (-2 \cdot R'(x, y) + 1) \\ O_g(x, y) &= P_g(x, y) + Q(x, y) \cdot V_g \cdot (-2 \cdot R'(x, y) + 1) \\ O_b(x, y) &= P_b(x, y) + Q(x, y) \cdot V_b \cdot (-2 \cdot R'(x, y) + 1) \end{aligned} \quad (7)$$

次に、このようにして記録された合成画像の明度成分 O および色差成分 O_c を考える。ここでは明度成分 O ※ y 、色差成分 O_c を式(8)で定義する。

【0064】

$$\begin{aligned} O_y(x, y) &= K_r \cdot O_r(x, y) + K_g \cdot O_g(x, y) + K_b \cdot O_b(x, y) \\ O_c(x, y) &= O_r(x, y) - O_g(x, y) \end{aligned} \quad (8)$$

明度成分 O_y は明るさを表わし、色差成分 O_c は色の強さを表わす。色差成分 O_c には独立な2種類の成分があるが、ここでは一方の成分のみを扱っている。(K_r, 50 1, 0, 01)である。

755が色修正部706によってインク量信号756に変換された後、画像記録部707に入力され、ハードコピー画像が出力される。

【0055】この画像合成記録装置の動作をさらに詳しく説明すると、まず第1および第2の画像メモリ701, 702には埋込み画像 $R(x, y)$ および被埋込み画像 $P(x, y)$ がそれぞれ記憶されている。第1の画像メモリ701に記憶されている埋込み画像 $R(x, y)$ は2値画像であり、1画素当たり1ビットで表わされる。第2の画像メモリ701に記憶される被埋込み画像 $P(x, y)$ はRGB各8ビットのフルカラー画像であり、1画素につき計24ビットで表わされる。

【0056】パターン発生部703は、パターン画像信号753を発生する。パターン画像は前述した通り色差パターン画像信号であり、式(1)に従って発生される。

【0057】パターン変調部704は、例えば3本のラインメモリ711、15個のラッチ群712、加算器713および2つの乗算器714、715よりなる。第1の画像メモリ701から出力された埋込み画像信号755は、ラインメモリ711およびラッチ群712で遅延される。ラッチ群712の各ラッチ出力は(5×3)画像の矩形領域内の信号であり、これらが加算器713で加算された後、第1の乗算器714に入力され、パターン画像信号753に掛けられる。この第1の乗算器714の乗算出力に対して、さらに第2の乗算器715で3つのパラメータの組 V_r 、 V_g 、 V_b が掛けられる。ここでは、1つの画像の信号につき3回の乗算が行われ、これら3つの乗算結果が時系列のRGB信号からなるパターン変調画像信号754としてパターン重畳部706へ出力される。

【0058】パターン重畳部706は、加算器716とクリップレベル717よりなる。まず、加算器716によってパターン変調部704からのパターン変調画像信号754に第2の画像メモリ702からの被埋込み画像

【0065】これら明度成分Oおよび色差成分Ocの * y) は、式(9-1)(9-2)で表わされる。

【0066】

$$\begin{aligned} F_{OY}(f_x, f_y) &= F_{PY}(f_x, f_y) + V \cdot Y \cdot F_q(f_x, f_y) * (-2F_r' \\ &= F_{PY}(f_x, f_y) + \delta(f_x, f_y) \\ F_{OC}(f_x, f_y) &= F_{PC}(f_x, f_y) + V \cdot C \cdot F_q(f_x, f_y) * (-2F_r' \\ &= F_{PC}(f_x, f_y) + \delta(f_x, f_y) \end{aligned}$$

(9-2)

である。合成画像が記録された記録物(記録紙)1100を再生装置本体1000に、記録物1100の上端と右端が再生装置本体1000の装填部上端1001と右端1002に接触するように装填して固定する。これにより、再生用シート1003と記録物1100上の画像とが所定の位置関係に保持される。そして、再生装置本体1000に連結された再生用シート1003を記録物1100の上に重ね、このシート1003を通して記録物1100上の画像を観察することにより、埋込み画像が被埋込み画像の上に重なって見えるように構成されている。

【0073】なお、再生装置は図10に示したような構成に限られず、記録物1100上の合成画像と再生用シート1003の相対位置を固定できれば、どのような構造でもよい。また、再生用シート1003を記録物1100に対して固定せずに、1次元または2次元に自由に手で動かせるようにして、記録物1100上の埋込み画像を再生したい位置にシート1003を合わせるような構造でもよい。さらに、再生用シート1003と記録物1100との間隙が大いこと、埋込み画像の再生コンラストが低くなるので、間隙が例えば1mm以内になるように再生用シート1003を上から剛性のある透明板で押さえる構造にしてもよい。

【0074】次に、再生用シート1003の構成と埋込み画像の再生の原理について説明する。再生用シート1003は、例えばプラスチックなどの透明なフィルム状の薄い媒体よりなり、その媒体上に所定のパターンが形成されている。

【0075】この再生用シート1003上のパターンとしては、合成画像作成時のパターン、すなわち図2の第1スラップS11で発生されるパターン画像のパターン(図7のパターン発生部703で発生されるパターン画像のパターン)に対応して適当な透過率分布をもたせたものを用いる。再生用シート1003のRGB透過率分布T_r(x, y), T_g(x, y), T_b(x, y)を式(10)に示す。ここで、(W_r0, W_g0, W_b0)および(W_r1, W_g1, W_b1)は、それぞれ対応するパターン画像Q(x, y)の値が1および-1の画素のRGB透過率を表わし、本実施形態では式(11)を説明する。

【0072】図10は、再生装置の一構成例を示した図

50

説明する。

から埋込み画像を再生する再生装置について、具体的に

【0071】次に、上述のようにして記録した合成画像

成分がなくなる。

x, f_y)の高周波数成分が低下するため、埋込み画像とパターン画像との畳み込みにより低周波数へシフトする

の平滑化処理により通常の画像の色差成分F_{p1}(f_x, f_y)

のため、ほとんど目に見えなくなる。また、埋込み画像

像で、埋込み画像の成分は高空間周波数の色差成分にな

録される画像は、視覚的には被埋込み画像とほぼ同じ画

【0070】このように本実施形態によって合成され記

しく見える。

が観測される。すなわち、合成画像は被埋込み画像に等

成画像は明度成分、色差成分とも式(9)の第1項のみ

2)の第2項はほとんど人間には見えない。このため合

は感度が低いことが知られている。従って、式(9-

に、人間の視覚特性は特に高周波数の色差成分について

ブック第1編3章の図1・76より引用)に示すよう

【0069】また、図9(テレビジョン画像工学ハンド

れる。

ある第1項と高周波数成分が中心である第2項に分離さ

トルは、図8(d)に示すように低周波数成分が中心で

式(9-2)で表わされる合成画像の色差成分のスペク

(c)に示すように高周波数成分のみを持つ。従って、

波数成分が削られている。パターン画像Qは、図8

み画像R'は、同破線で示すように埋込み画像Rの高周

低い。一方、図8(b)の実線で示すように平滑化埋込

数成分にパワーが集中しており、高周波数成分は極めて

p_c(f_x, f_y)は、図8(a)に示すように低周波

わした図である。通常画像の色差成分のスペクトルF

2)上のF_{p_c}, F_{r'}, F_q, F_{oc}を模式的に表

【0068】図8(a)(b)(c)(d)は、式(9

1)の第2項は0または略0となる。

は0に十分近くなるように設定してあるので、式(9-

【0067】ここで、色差量Vの明度成分V_yは0また

分、色差成分である。

ある。さらに、V_y, V_cは前述した色差量の明度成

被埋込み画像Pの明度成分と色差成分のフーリエ変換で

は、それぞれ平滑化埋込み画像R'、パターン画像Q、

間周波数を表わす。またF_{r'}, F_q, F_{py}, F_{pc}

10

ただし、f_x, f_yはそれぞれx軸方向、y軸方向の空

(f_x, f_y) + δ(f_x, f_y)

= F_{pc}(f_x, f_y) + V_c · F_q(f_x, f_y) * (-2F_{r'}

F_{oc}(f_x, f_y)

(f_x, f_y) + δ(f_x, f_y)

= F_{py}(f_x, f_y) + V_y · F_q(f_x, f_y) * (-2F_{r'}

F_{Oy}(f_x, f_y)

スペクトルF_{Oy}(f_x, f_y), F_{oc}(f_x, f_y) *

$$\begin{aligned} Tr(x, y) &= 0.5 (Wr0 - Wr1) \cdot Q(x, y) + 0.5 (Wr0 \\ &+ Wr1) \\ Tg(x, y) &= 0.5 (Wr0 - Wg1) \cdot Q(x, y) + 0.5 (Wr0 \\ &+ Wg1) \\ Tb(x, y) &= 0.5 (Wr0 - Wb1) \cdot Q(x, y) + 0.5 (Wr0 \\ &+ Wb1) \end{aligned}$$

(10)

$$\begin{aligned} (Wr0, Wg0, Wb0) &= (0, 0, 0) \\ (Wr1, Wg1, Wb1) &= (1, 1, 1) \end{aligned}$$

(11-1)

図11に、この再生用シート1003の透過率分布パターンを示す。図でWは透明の部分、Kは不透明の部分を表わし、WおよびKの部分はそれぞれ図3に示したパターン画像Q(x, y)のゲイン-1およびゲイン1の画素に対応している。このような透過率パターンを持つ再生シート1003を記録物1100の上に重ねることにより、シート1003上のパターンと記録物1100上の合成画像のパターン画像Q(x, y)の成分との干渉

このように再生用シート1003は、前述した画像合成記録装置の記録系で作成してもよいし、全く独立した記録系で作成してもよい。ただし、記録系によって記録密度に差がある場合もあるので、画像合成記録装置と同じ記録系で再生用シート1003を作成した方が精度が得られやすい。

【0079】上述した再生用シート1003を記録物1100上に重ねると、埋込み画像として埋込まれた高周波数の色差情報にシフトし、人間の目に見*

$$Sr = Or \cdot Tr$$

$$\begin{aligned} &= Pr(x, y) \cdot Tr(x, y) + Q(x, y) \cdot Vr \cdot (-2 \cdot R' \\ &(x, y) + 1) \cdot Tr(x, y) \\ &= Pr(x, y) \cdot Tr(x, y) + Q(x, y) \cdot Vr \cdot (-2 \cdot R' \\ &(x, y) + 1) \cdot (0.5 (Wr0 - Wr1) \cdot Q(x, y) + (0.5 (Wr0 + \\ &Wr1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= Pr(x, y) \cdot Tr(x, y) + 0.5 \cdot Vr \cdot (Wr0 - Wr1) \\ &\cdot Q(x, y)^2 \cdot (-2 \cdot R'(x, y) + 1) + 0.5 \cdot Vr \cdot (Wr0 + \\ &Wr1) \cdot Q(x, y) \cdot (-2 \cdot R'(x, y) + 1) \\ &= Pr(x, y) \cdot Tr(x, y) + 0.5 \cdot Vr \cdot (Wr0 - Wr1) \\ &\cdot (-2 \cdot R'(x, y) + 1) + 0.5 \cdot Vr \cdot (Wr0 - Wr1) \end{aligned}$$

ここで、式(12)の第1項、第2項および第3項のストラル分布の模式図を図12(a)(b)および(c)にそれぞれ示す。第1項は被埋込み画像そのものに再生用シート1003を重ねた画像と等価な画像であり、第3項は高周波数の色差成分となるので、視覚的には見えない。一方、第2項は埋込み画像に色度(Vr・(Wr0-Wr1), Vg・(Wg0-Wg1), Vb・(Wb0-Wb1))を乗じたものである。本実施形態ではこれは色差成分であるが、埋込み画像と同じ周波数50

たパターン変調画像を加算した画像が観察されることに

に復調されているので、目に見える画像となる。従って、第1項である被埋込み画像に埋込み画像で色度変調された画像を加算した画像が観察されることになる。【0082】また、再生用シート1003として、式(11-2)で表されるパターンのシートを用いた場合には、(Vr・(Wr0-Wr1), Vg・(Wg0-Wg1), Vb・(Wb0-Wb1))はモノクロ成分となるので、被埋込み画像に埋込み画像で濃度変調され

【0080】合成画像のRGB反射率Or, Og, Obは、前述の式(7)で表わされる。従って、記録物1100上に再生用シート1003を重ねることにより観察される画像のRGB反射率をSr, Sg, Sbとすると、これらは式(12)で表わされる。ただし、G成分およびB成分はR成分と同様なので省略した。

【0081】

【0078】

【0077】また、再生用シート1003の他の例として、式(11-2)に示すように図11のW, Kの部分それぞれY, Bの色を透過させる部分に置き換えた構成としてもよい。この場合、埋込み画像は被埋込み画像に重量したモノクロの濃淡画像として観察される。

(10)

(11-1)

図11に、この再生用シート1003の透過率分布パターンを示す。図でWは透明の部分、Kは不透明の部分を表わし、WおよびKの部分はそれぞれ図3に示したパターン画像Q(x, y)のゲイン-1およびゲイン1の画素に対応している。このような透過率パターンを持つ再生シート1003を記録物1100の上に重ねることにより、シート1003上のパターンと記録物1100上の合成画像のパターン画像Q(x, y)の成分との干渉

このように再生用シート1003は、前述した画像合成記録装置の記録系で作成してもよいし、全く独立した記録系で作成してもよい。ただし、記録系によって記録密度に差がある場合もあるので、画像合成記録装置と同じ記録系で再生用シート1003を作成した方が精度が得られやすい。

【0079】上述した再生用シート1003を記録物1100上に重ねると、埋込み画像として埋込まれた高周波数の色差情報にシフトし、人間の目に見*

$$Sr = Or \cdot Tr$$

$$\begin{aligned} &= Pr(x, y) \cdot Tr(x, y) + Q(x, y) \cdot Vr \cdot (-2 \cdot R' \\ &(x, y) + 1) \cdot Tr(x, y) \\ &= Pr(x, y) \cdot Tr(x, y) + Q(x, y) \cdot Vr \cdot (-2 \cdot R' \\ &(x, y) + 1) \cdot (0.5 (Wr0 - Wr1) \cdot Q(x, y) + (0.5 (Wr0 + \\ &Wr1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= Pr(x, y) \cdot Tr(x, y) + 0.5 \cdot Vr \cdot (Wr0 - Wr1) \\ &\cdot Q(x, y)^2 \cdot (-2 \cdot R'(x, y) + 1) + 0.5 \cdot Vr \cdot (Wr0 + \\ &Wr1) \cdot Q(x, y) \cdot (-2 \cdot R'(x, y) + 1) \\ &= Pr(x, y) \cdot Tr(x, y) + 0.5 \cdot Vr \cdot (Wr0 - Wr1) \\ &\cdot (-2 \cdot R'(x, y) + 1) + 0.5 \cdot Vr \cdot (Wr0 - Wr1) \end{aligned}$$

ここで、式(12)の第1項、第2項および第3項のストラル分布の模式図を図12(a)(b)および(c)にそれぞれ示す。第1項は被埋込み画像そのものに再生用シート1003を重ねた画像と等価な画像であり、第3項は高周波数の色差成分となるので、視覚的には見えない。一方、第2項は埋込み画像に色度(Vr・(Wr0-Wr1), Vg・(Wg0-Wg1), Vb・(Wb0-Wb1))を乗じたものである。本実施形態ではこれは色差成分であるが、埋込み画像と同じ周波数50

たパターン変調画像を加算した画像が観察されることに

に復調されているので、目に見える画像となる。従って、第1項である被埋込み画像に埋込み画像で色度変調された画像を加算した画像が観察されることになる。【0082】また、再生用シート1003として、式(11-2)で表されるパターンのシートを用いた場合には、(Vr・(Wr0-Wr1), Vg・(Wg0-Wg1), Vb・(Wb0-Wb1))はモノクロ成分となるので、被埋込み画像に埋込み画像で濃度変調され

なる。

【0083】以上述べたように、本実施形態の画像合成記録装置によると、被埋込み画像と視覚的にほぼ同じで、画質劣化なしに別の画像（埋込み画像）を埋込んだ合成画像を記録することができ、さらにこの合成画像が記録された記録物上に所定の再生用シートを重ねることにより、複雑な信号処理を必要とすることなく、埋込み画像を簡単に視覚的に認識できるように再生することが可能となる。

【0084】（第2の実施形態）次に、本発明の第2の

実施形態について説明する。第1の実施形態ではパターン画像および再生用シートとして規則パターンを用いたのに対し、本実施形態は不規則パターンを用いている点異なる。本実施形態による画像合成記録装置の基本構成は第1の実施形態と同じであるが、処理手順がやや異なっている。

【0085】以下、第1の実施形態との相違点を中心に、第2の実施形態による画像合成記録装置の処理手順

を図13に示すフローチャートにより説明する。

*

$$\begin{aligned} \text{Prob}[Q(x, y), 1] &= f(Q(x+axi, y+ayj)) \\ \text{Prob}[Q(x, y), -1] &= 1-f(Q(x+axi, y+ayj)) \end{aligned} \quad (13)$$

※（14）に示す。

【0089】

【数3】

$$f(Q(x+axi, y+ayj)) = \sum_i Q(x+axi, y+ayj) / \sum_i 1$$

（14）

★【0091】ここでは計算機上で確率画像を生成するた

めに、M系列などの疑似乱数を用いる。すなわち、0からN-1までの範囲の値を一樣な確率でとる疑似乱数Dを1画面に1つずつ発生させ、式（15）によりパターン画像Q(x, y)の値を決定すればよい。

【0092】

★集中した画像となる。

$$D/N \geq \text{Prob} \text{ ならば } Q(x, y) = 1$$

$$D/N < \text{Prob} \text{ ならば } Q(x, y) = -1$$

この場合、疑似乱数の種と関数fだけを記憶しておけ

ば、一意に同じパターン画像を発生でき、パターン画像Q(x, y) そのものを記憶しておく必要はなくなる。

【0093】なお、上記説明ではパターン画像Q(x, y)をマルコフ過程により生成しているため、計算量が

多くなる。そこで、乱数を直接用いてパターン画像Q(x, y)の画素値を決定してもよい。また、誤差拡散処理により生ずるパターンを用いてもよい。前者はホフ

ストノイズとなり、その直流分や低い周波数成分が必ずしも小さい値にならないが、パターン画像Q(x, y)の生成の計算が非常に簡易になる。また、後者では低周波成分が小さくなるように、決定論的に画像を計算でき

るため、乱数の発生処理が不要となる。

態と同様に、この合成画像は視覚的にはほぼ被埋込み画

み画像を合成した合成画像が記録される。第1の実施形態【0095】以上の処理によって、被埋込み画像と埋込み

周期パターンを前提とした位相変調は用いない。

パターン変調処理では第1の実施形態で例示したようなし、パターンは不規則であり、周期性をもたない。ただ1の実施形態と同じであるので、説明は省略する。ただ後に得られた合成画像を記録するが、これらの処理は第

2の変調、パターンの重量および色修正を順次行い、最終3スラップS23および第4スラップS24でパターン

【第4スラップ（色修正）次に、第2スラップS22、

【第3スラップ（パターン重量）

【0094】【第2スラップ（パターン変調）

（15）

像と同じに見える画像となり、埋込み画像の情報は全く、もしくはほとんど見えない情報となっている。

【0096】次に、本実施形態で得られる合成画像の性質について具体的に説明する。合成画像のRGB各色成分

分 $O_r(x, y)$, $O_g(x, y)$, $O_b(x, y)$ とその明度成分 $O_y(x, y)$ および色差成分 $O_c(x, y)$ は、第1の実施形態と同様に式(7)(8)で表わ

される。また、明度成分 $O_y(x, y)$ 、色差成分 $O_c(x, y)$ のスペクトル $F_{O_y}(f_x, f_y)$, $F_{O_c}(f_x, f_y)$ は、式(9-1)(9-2)で表わされ

る。パターン画像 $Q(x, y)$ のスペクトル F_Q の内容のみが実施形態1と異なっている。

【0097】第1の実施形態と同様に、色差量 V の明度成分 V_y は0または0に十分近くなるように設定してあ

るので、式(9-1)の第2項は0となる。また、図14に示すように F_q も低周波数成分が小さく設計してあ

るので、 $F_q + F_r + \delta$ の量込みである式(9-2)の第2項は低い周波数成分の極めて弱い信号となる。すな

わち、合成画像の色差成分の低周波成分への式(9-2)の第2項の寄与は極めて小さい。前述したように、

高周波数の色差成分は視覚感が低いので、合成画像にはほとんど第1項の成分、すなわち被埋込み画像しか観

測されない。【0098】図15(a)(b)(c)(d)に、式(9-2)の F_{p_c} , $F_{r'}$, F_q および F_{o_c} のスペ

$$\begin{aligned} T_r(x, y) &= 0.5(W_r0 - W_r1) \cdot Q(x, y) + 0.5(W_r0 + W_r1) \\ T_g(x, y) &= 0.5(W_g0 - W_g1) \cdot Q(x, y) + 0.5(W_g0 + W_g1) \\ T_b(x, y) &= 0.5(W_b0 - W_b1) \cdot Q(x, y) + 0.5(W_b0 + W_b1) \end{aligned}$$

(16)

また、パラメータ W_r0 , W_r1 , W_g0 , W_g1 , W_b0 , W_b1 の値およびその変形例を式(17-1)※(17-2)に示す。

【0103】※

$$\begin{aligned} (W_r0, W_g0, W_b0) &= (0, 0, 0) \\ (W_r1, W_g1, W_b1) &= (1, 1, 1) \\ (W_r0, W_g0, W_b0) &= (1, 1, 0) \\ (W_r1, W_g1, W_b1) &= (0, 0, 1) \end{aligned}$$

(17-2)

第1の実施形態と同様に、このような再生用シート10の埋込み画像に記録物1100上に重ねる

40 ことに、パターン同士の干渉が起こり、埋込み画像が被埋込み画像に重畳した黄/青の色差画像として観察される。

【0104】次に、本の実施形態における埋込み画像の再生原理について説明する。合成画像が記録された記録*

$$S_r = O_r \cdot T_r$$

$$\begin{aligned} &= P_r(x, y) \cdot T_r(x, y) \\ &+ 0.5 \cdot V_r \cdot (W_r0 - W_r1) \\ &\cdot (-2 \cdot R'(x, y) + 1) \\ &+ 0.5 \cdot V_r \cdot (W_r0 + W_r1) \end{aligned}$$

【0105】

(12)と同様に式(18)で表わされる。

$Q(x, y)$ は常に1なので、 $S_r(x, y)$ は式

の実施形態と同様に表わされる。本実施形態においても

40 物上に再生用シート1003を重ねた場合の合成したR

(17-2)

(17-1)

【0103】※

【0102】

像 $Q(x, y)$ が異なるため、その内容は異なる。

形態で示した式(10)と同じ形であるが、パターン画

20 像のRGB透過率分布 $T_r(x, y)$, $T_g(x, y)$, $T_b(x, y)$ を式(16)に示す。これは第1の実施

【0101】本実施形態で用いる再生用シート1003

シートを用いる。

像から埋込み画像を再生する方法について説明する。本

実施形態においても第1の実施形態と同様な方法で埋込

み情報の再生を行う。ただし、再生用シート1003と

しては第1の実施形態とは異なり、第2の実施形態の画

像合成記録装置で用いたパターン画像と全く同じ構造の

【0100】次に、第2の実施形態で記録された合成画

像から埋込み画像を再生する方法について説明する。本

実施形態においても第1の実施形態と同様な方法で埋込

み情報の再生を行う。ただし、再生用シート1003と

$$\cdot Q(x, y) \cdot (-2 \cdot R'(x, y) + 1) \quad (18)$$

*容するような用途に適している。

【0109】(第3の実施形態)次に、本発明に係る第3の実施形態について説明する。第1および第2の実施形態では、パターン変調画像の埋込みを加算処理により行っているのに対し、本実施形態は疑似陪調処理により埋込みを行っている点異なる。また、本実施形態では画像記録系に2値記録系であるインジエクトリソタを用いている。

【0110】本実施形態の画像合成記録装置も第1の実施形態と基本的に同じ構成であり、処理手順のみ異なる。以下、図17に示すフローチャートを用いて処理手順について詳しく説明する。

【0111】[第1ステップ(パターン発生)] まず、第1ステップS31でパターン画像Q(x, y)を作成する。このパターン画像Q(x, y)としては、第2の実施形態と同様な不規則パターンを作成する。

【0112】[第2ステップ(パターン変調)] 次に、第2ステップS32で埋込み画像によるパターン画像の変調を行う。この点も第2の実施形態と同じであるので、詳細は省略する。

【0113】[第3ステップ(色修正)] 本実施形態では、次に第3ステップS33でRGBで表現された被埋込み画像Pr, Pg, PbをC(シアシ), M(マゼンタ), Y(イエロー)3色のカラーインクの制御量を表わすインク濃度信号Pc, Pm, Pyに変換する色修正処理を行う。この色修正処理の変換は第1の実施形態の色修正処理と同様であり、式(19-1)(19-2)に従って行われる。

【0114】
【数4】

$$\begin{pmatrix} \log(P_r) \\ \log(P_g) \\ \log(P_b) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A_{cr} & A_{cg} & A_{cb} \\ A_{mr} & A_{mg} & A_{mb} \\ A_{yr} & A_{yg} & A_{yb} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} \log(P_c) \\ \log(P_m) \\ \log(P_y) \end{pmatrix} \quad (19-1)$$

(19-2)

※処理を行うので、ここでは代表してY成分Pyについてのみ説明を行う。第4ステップS34は、以下の4つのステップS34-1, S34-2, S34-3, S34-4からなる。

【0117】[ステップS34-1] まず、式(20)に示すように、被埋込み画像Py(x, y)に累積誤差信号E'Y(x, y)を加算する。累積誤差信号E'Y(x, y)は2値化による量子化誤差を補正するためのもので、その生成法については後述する。

$$P'Y(x, y) = PY(x, y) + E'Y(x, y) \quad (20)$$

[ステップS34-2] 次に、加算結果P'Y'を式50(21)に従い、2値化する。

図16(a)(b)(c)に、式(18)の第1項、第2項、第3項のスペクトル分布を示す。第1の実施形態と同様に、第1項は被埋込み画像そのものに再生用シート1003を重ねた画像と等価な画像となり、第3項は高周波数の色差成分となるので視覚的には見えない。一方、第2項は埋込み画像に色度(Vr・(Wr0-Wr1), Vg・(Wg0-Wg1), Vb・(Wb0-Wb1))をかけたものであり、目に見える画像となる。

従って、第1項である被埋込み画像に埋込み画像で色度変調された画像が加算した画像が観察される。

【0106】また、再生用シート1003として式(11-2)で表されるパターンのシートを用いた場合に、は、(Vr・(Wr0-Wr1), Vg・(Wg0-Wg1), Vb・(Wb0-Wb1))はモノクロ成分となるので、被埋込み画像に埋込み画像で濃度変調された画像を加算した画像が観察されることになる。

【0107】このように本実施形態においても、第1の実施形態と同様に、被埋込み画像と視覚的にほぼ同じで、画質劣化なしに別の画像(埋込み画像)を埋込んだ合成画像を記録することができる。さらに、この合成画像が記録された記録物上に所定の再生用シートを重ねることにより、複雑な信号処理を必要とすることなく、簡単に視覚的に認識できるように再生することができる。

【0108】本実施形態は、さらに第1の実施形態にはない以下の利点として、パターン画像に不規則パターンの画像を用いることから、合成画像から埋込み画像のパターンを推定することが困難であるため、第三者が合成画像からパターン情報を推定して、独自に合成画像の作成や、埋込み画像の再生を行うことが困難となる。従って、本実施形態は特定の人間だけに画像合成や再生を許す。

$$P_c = \exp(D_c) \\ P_m = \exp(D_m) \\ P_y = \exp(D_y)$$

【0115】[第4ステップ(パターン重量)] 次の第4ステップS34では、色修正処理により得られたインク濃度信号Pc, Pm, Pyに基づき、誤差拡散法によりパターン変調画像の重量を行う。このパターン重量処理は第1および第2の実施形態と大きく異なるので、詳しく説明する。この処理は従来の誤差拡散法などに代表される疑似陪調法と類似している。ただし、疑似陪調特有のパターン構造が前記の画像パターンと近くなるように制御する。

【0116】第4ステップS34では、インク濃度信号のY成分Py、M成分PmおよびC成分Pcについて同様に制御する。

【0118】

ここで、 V は重量する色差強度を決めるパラメータであり、 M 成分、 C 成分の場合はそれぞれ V_m 、 V_c を用いる。本実施形態では、 $(V_m, V_c, V_s) = (1, 1, 1)$ としている。

0.2, -0.12, -0.12) という値を用いている。第4ステップS34の誤差拡散法によるパターン重*

$$EY(x, y) = PY'(x, y) - OY(x, y) \quad (22)$$

【0120】[サフスツフS34-4]次に、式(2※)

$$E_{\lambda} \gamma(x, y) = \sum_{i=1}^{\infty} E_{\lambda} \gamma(x+x_i, y+y_i) * a_i(x_i, y_i) \quad (23)$$

【0123】
 であり、表1の値を用いる。

【0126】以上が画像合成の一連の処理であり、最後に画像記録部で2値化出力画像O' Y、O' M、O' Cに従って画像記録を行う。すなわち、O' Y、O' M、O' C

表1】

$x!$	-1	0	1
------	----	---	---

20 $O_Y(x, y) = 0$ の場合は印字を行わない。これに
1 の場合は画素 (x, y) に黄色インクの印字を行い、

-1	1/16	5/16	3/16
----	------	------	------

0	7/16	0	0
---	------	---	---

0124】以上の処理を要素を走査しながら繰り返す。

ことにより、主画像について処理を行う。また、M成分についても同様の計算を行うことにし、誤差成分についても同様化した画像 O'_{Y_0} 、 O'_{Y_1} 、 O'_{Y_2} を生成する。

ば以下のような処理を行い、墨加刷処理画像の O''_{Y_0} 、 O''_{Y_1} 、 O''_{Y_2} を生成する。

30

的な処理としては種々の方式が提案されているが、例えば

得られる。
0125】なお、ここでは誤差拡散法を用いたが、誤差必要となる。

★ 広散法に代えてライザ法などでもよい。

【0128】

! f (O', Y = 1かつO', M = 1かつO', C = 1)

e l s e

上の一連の処理により、誤差拡散パターンとしてパター変調画像が得られる。この処理によって得られる変調画像の強度が付け加えられた後に、再度変調画像が得られる。

【0129】合成画像は誤差拡散過程の中で、パターン変調画像の強度が付け加えられた後に、再度変調画像が得られる。

(24)

景画像（合成画像）は、以下のような性質を持つ。すなわち、誤差拡散処理により濃度が補償されることにより、2値化画像はパターン変調画像との相関が極めて高くなっている。すなわち、変調パターナ（V.V.）

m , v_c) の値に応じて、パズルメタが正の場合は正の
相関、負の場合は負の相関を持つ。また、パズルメタの

高周波数成分が強い色差信号である。また、僅かに高周波成分が強い色差信号で感度の異なる低周波成分も、顕著な斑紋による濃淡補償作用に

さらに低下する。このため、埋込み画像により変調したパターン変調画像の成分はほとんど視覚的には観

【0130】一方、パターン変調画像はパターン画像を

50 埋込み画像により反転したものである。このため、埋込

*いっても第1および第2の実態形態と同様に、被埋込み画像と視覚的にほぼ同じで、画質劣化なしに別の画像（埋込み画像）を埋込んだ合成画像を記録することができ

る。また、この合成画像が記録された記録物上に所定の再生用シータを重ねることにより、複雑な信号処理を必要とすることなく、簡単に視覚的に認識できるように再生することができる。しかも、実形形態ではパターン画像に不規則パターンを用いているので、第2の実形形態と同様に合成画像から埋込んだパターンを推定することが困難であるという特徴を持つ。

【0135】さらに、本実施形態では第1および第2の実施形態にない特徴として、2値記録で合成画像を記録することから、インジェット記録方式のような画素毎の多値濃度の制御が容易でない記録方式のメリットを有していた場合にも容易に適用が可能であるという利点を有する。

【0136】(第4の実施形態)次に、本発明に係る第4の実施形態について説明する。第1～第3の実施形態では、透過率分布を持った再生用シートを記録物上に重ねることにより、埋込み画像の再生を行ったのに対し、本実施形態は厚み分布を持った光素子により再生を行うことができるようにした点が異なる。

【0137】まず、本美施形態に係る画像合成記録装置について説明する。本美施形態における画像合成記録装置の構成および処理手順は第1の美施形態と基本的に同一であり、パターン画像の構成のみがやや異なる。以下、本美施形態における処理手順を図18に示すフローチャートを用いて説明する。

【0138】[第1スナップ(バターン発生)]まず、第1スナップS41でバターン画像 $Q(x, y)$ を発生する。本実施形態では、このバターン画像 $Q(x, y)$ として図19に示すようなスナップ状のバターン画像を用いる。このバターン画像 $Q(x, y)$ は、色差量 (Vr, Vg, Vb) に与えるゲインが—1の画素と1の画素をスナップ状に配列したものであり、図19の

例ではグレースケールの画像をy軸方向に2列並べたものと、グレースケールの画像をx軸方向に2列並べたものを交互に、すなわちx軸方向に4画素の周期で配列して構成されていている。このパターン画像Q(x, y)の生成式を式(25)に示す。

【0139】

$$\begin{aligned} \phi_L(\text{int}(x/2) \bmod 2 = 0) & \text{ is } \phi(x, y) = -1 \\ \phi_L(\text{int}(x/2) \bmod 2 = 1) & \text{ is } \phi(x, y) = 1 \end{aligned}$$

(25)

後に得られた合成画像を記録するが、これらの処理は第1の実施形態と全く同じであるので、説明は省略する。
【0140】本実施形態においても、第1の実施形態と同様に被埋込み画像と埋込み画像を合成した合成画像が記録される。この合成画像は視覚的にほぼ被埋込み画像

み画像の画像値が1の画素ではこの相関の正負が反転する。すなわち、埋込み画像の画像値が0の領域では、 α カーン変調画像は合成画像の γ 成分は正の相関を持ち、 M_1 、 C 成分とは負の相関を持つ。また、埋込み画像の画像値が1の領域では α カーン変調画像は合成画像の γ 成分と負の相関を持ち、 M_1 、 C 成分とは正の相関を持つ。

【0131】次に、第3の実施形態によって記録された合成画像から埋込み画像を再生する方法について説明する。本実施形態においても、第2の実施形態と同様に図10に示すように不規則パターン画像 $Q(x, y)$ に対してした透過率分布を持つ透明な再生用シート1003を合成画像が記録された記録物1100上に重ねることにより、埋込み画像の再生を行う。本実施形態では、再生用シート1003として第2の実施形態で示したものと同一ものを用いる。すなわち、再生用シート1003の透過率分布 $T_1(x, y)$ 、 $T_g(x, y)$ 、 T_b

(x, y) は前記の式 (16) で表わされる。この再生用シート 1003 を記録物 100 上に重ねることにより、埋込み画像が Y-B の色差信号として再生される。【0132】このような再生用シート 1003 を記録物 100 上に重ねることにより、埋込み画像が再生される原理について説明する。上述したように、埋込み画像の画素値が 0 の領域では、パターン変調画像は合成画像の Y 成分と正の相関を持ち、M、C 成分とは正の相関を持つ。また、埋込み画像の画素値が 1 の領域では、パターン変調画像は合成画像の Y 成分と負の相関を持ち、M、C 成分とは正の相関を持つ。

【0133】従って、上述した再生用シート1003を記録物1100上に重ねることにより、埋込み画像の画素値が0の領域ではY1の印字されている画素が再生用シート1003の黒画素と重なりやすくなり、またM1の印字およびC1の印字されている画素は再生用シート1003の白（透明）画素と重なりやすくなる。すなわち、マクロ的にみると埋込み画像の画素値が0の領域では、色相M、Cの合成色であるBの方にシフトする。一方、埋込み画像の画素値が1の領域では、同様の理由でYの方にシフトする。このため再生用シート1003を重ねることにより、埋込み画像の画素値に応じて画像の色度がYもしくはB方向にシフトするので、埋込み画像はY-Bの色差に強調された情報として再生される。

【0134】以上説明したように、第3の実施形態におき

[第2スツツ (パターン変調)]
[第3スツツ (パターン重量)]
[第4スツツ (色修正)]次に、第2スツツS42、
第3スツツS43および第4スツツS44でパター
ンの変調、パターンの重量および色修正を順次行い、最

きる。すなわち、例えば図2に示すようにパターン画像の $Q(x, y) = 1$ の部分が中心軸2201から少し右にずれている場合を考える。このような場合は、矢印2202の方向から観察するように視点を移すことにより、焦点位置は $Q(x, y) = 1$ の位置にシフトし、正しく埋込み画像を再生できる。

【0147】本実施形態においても、第1の実施形態と同様に被埋込み画像と視覚的にはほぼ同じであり、埋込み画像を記録できる。また、レプリケイクルーレンスのような所定のシート状の再生用光学素子を重ねることにより、この埋込み画像を被埋込み画像への重量画像として容易に再生し、視覚的に確認することができる。

【0148】また、本実施形態では再生用光学素子にレプリケイクルーレンスを用いているため、(1)第1の実施形態と比べて再生コントラストが約2倍になる、(2)再生用光学素子と合成画像の位相がずれていても、視点をずらすことにより再生コントラストが最大の位置を求めることができる、(3)被埋込み画像もそのまゝの明るさで観察できる、などの優れた利点を有する。

【0149】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば第2の画像を劣化させずにその上に別の第1の画像を埋込んだ合成画像を記録することができる、また再生時には、複雑な信号処理を必要とすることなく、合成画像に対応したパターンを有するシート状の再生素子を記録物上に重ねるといふ簡易な操作により、容易に埋込み画像を再生することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施形態に係る画像合成記録／再生システムの構成を示すブロック図

【図2】第1の実施形態における画像処理手順を示すフローチャート

【図3】第1の実施形態で用いる市松状パターン画像の構成を示す図

【図4】第1の実施形態における被埋込み画像を平滑化するための平滑化フィルタのカーネルを示す図

【図5】第1の実施形態における埋込み画像、平滑化埋込み画像、パターン画像およびパターン変調画像の関係の一例を示す図

【図6】第1の実施形態における埋込み画像、平滑化埋込み画像、パターン画像およびパターン変調画像の関係の他の例を示す図

【図7】第1の実施形態に係る画像合成記録装置の画像処理系をハードウェアにより実現した例を示すブロック図

【図8】第1の実施形態における被埋込み画像、平滑化埋込み画像、パターン画像および合成画像の色差成分の周波数スペクトルを示す図

【図9】視覚の色度空間周波数特性を示す図

【図10】第1の実施形態に係る再生装置の構成を示す図

とともに見える画像となり、埋込み画像の情報は全く、もしくはほとんど見えない情報となる。

【0141】次に、本実施形態で記録される合成画像から埋込み画像を再生する方法について説明する。本実施形態では埋込み画像の再生に円柱レンズレプリ、いわゆるレプリケイクルーレンスをシート状に構成した光学系を用いる。

【0142】図20はレプリケイクルーレンス2000の構成を示したもので、複数の円柱レンズを平行に並べた構造となっている。各円柱レンズの焦点は、底面2001上にある。また、円柱レンズのピッチはパターン画像 $Q(x, y)$ のx軸方向の周期(本実施形態では4画像)と等しくなっている。

【0143】図21に、レプリケイクルーレンス2000を記録物2002上の合成画像の上に重ねた場合の模式図を示す。合成画像の上に円柱レンズの円柱軸(図21で紙面に垂直方向)と合成画像のx軸方向、すなわちパターン画像 $Q(x, y)$ の周期方向が直交するように重ね、さらに対応するパターン画像の $Q(x, y) = 1$ の部分の中心が各円柱レンズの中心軸上に乗るように位置を合わせる。そして、レプリケイクルーレンス2000の上面から観察することにより、埋込み画像が再生される。

【0144】本実施形態における埋込み画像の再生原理を図21を用いて説明する。パターン画像の $Q(x, y) = 1$ の部分が円柱レンズの中心軸と合っているで、円柱レンズ面に対して垂直方向から画像を観察すると、光は全てパターン画像の $Q(x, y) = 1$ の中心部分に集まる。このため、パターン画像の $Q(x, y) = 1$ の部分の画像が見え、 $Q(x, y) = -1$ の部分の画像は全く観察画像には寄与しなくなる。このため、埋込み画像の画素値 $R(x, y)$ が0の領域では (Vr, Vg, Vb) が加算した画像が見え、 $R(x, y) = 1$ の領域では (Vr, Vg, Vb) を減算した画像が見える。従って、埋込み画像に応じて色差がシフトした画像が観察される。

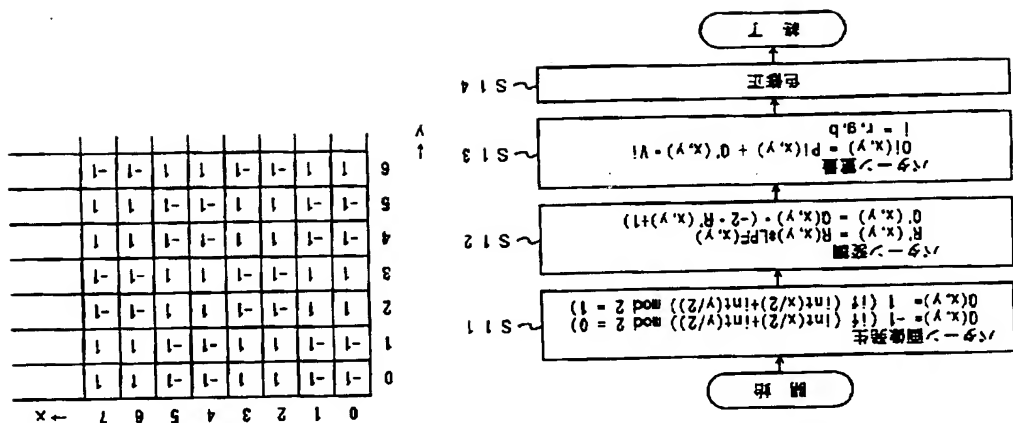
【0145】ここで、第1の実施形態では埋込み画像の $R(x, y) = 1$ の部分は再生用シートの黒部分に重なって見えなかったのに対し、本実施形態では $R(x, y) = 1$ の部分も色差シフトした色として見えるため、第1の実施形態に比べ2倍の色差コントラストが得られる。また、被埋込み画像成分はシートの黒画素により遮られることがないので、埋込み画像成分は本来の明るさで観察される。

【0146】また、第1の実施形態では再生用シートと合成画像の位置を所定の関係に合わない埋込み画像を再生することができなかったのに対し、本実施形態では再生用光学素子であるレプリケイクルーレンス2000が合成画像に対して所定の位置関係からずれていても、視点を動かすことにより埋込み画像を再生することがで

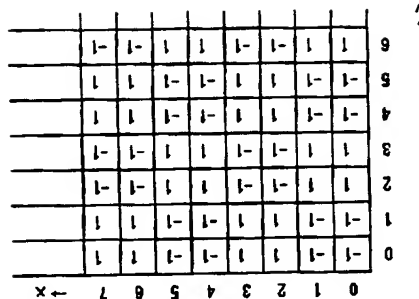
斜視図

- 【図11】図10における再生用シートのパターン構成を示す図
- 【図12】第1の実施形態において再生用シートを記録物上に重ねた画像の周波数スペクトルを示す図
- 【図13】第2の実施形態における画像処理手順を示すフローチャート
- 【図14】第2の実施形態で用いる不規則パターン画像の自己相関係数とパワースペクトルを示す図
- 【図15】第2の実施形態における被埋込み画像、平滑化埋込み画像、パターン画像および合成画像の色差成分の周波数スペクトルを示す図
- 【図16】第2の実施形態において再生用シートを記録物上に重ねた画像の周波数スペクトルを示す図
- 【図17】第3の実施形態における画像処理手順を示すフローチャート
- 【図18】第4の実施形態における画像処理手順を示すフローチャート
- 【図19】第4の実施形態で用いるパターン画像のパターン構成を示す図
- 【図20】第4の実施形態におけるシート状の再生用光学素子であるレンズレイキュラレンズの構成を示す図
- 【図21】第4の実施形態における埋込み画像の再生原理を示す図
- * 【図22】第4の実施形態において再生用光学素子と記録物上の合成画像中のパターン画像の位相がずれた場合の再生状態を示す図
- 【符号の説明】
- 101…CPU
102…画像メモリ
103…画像入力部
104…プログラムメモリ
105…画像記録部
106…バス
107…画像処理部
101…画像メモリ
102…画像メモリ
103…画像発生部
104…パターン変調部
105…パターン重量部
106…色修正部
107…画像記録部
1000…画像再生装置本体
1003…再生用シート
1100…記録物
2000…レンズレイキュラレンズ（再生用光学素子）
2002…記録物

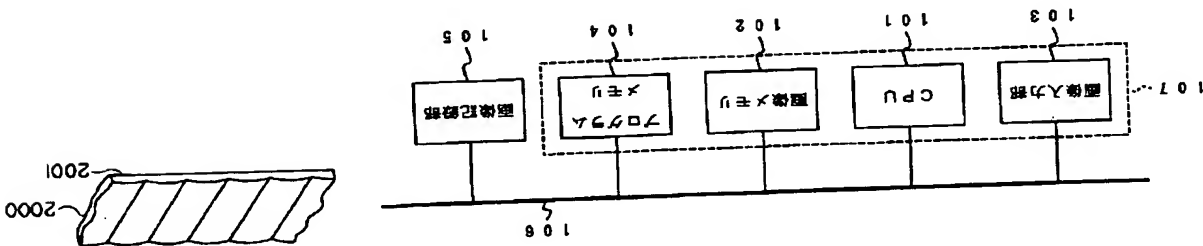
【図2】



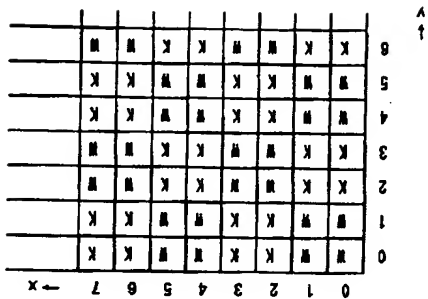
【図3】



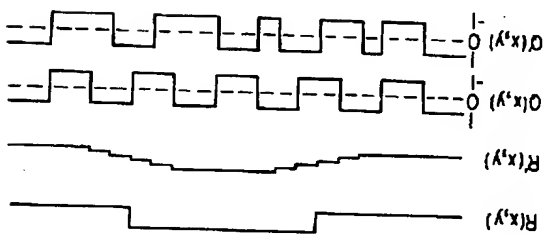
【図1】



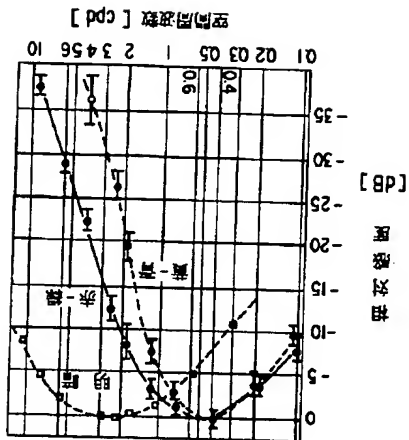
【図20】



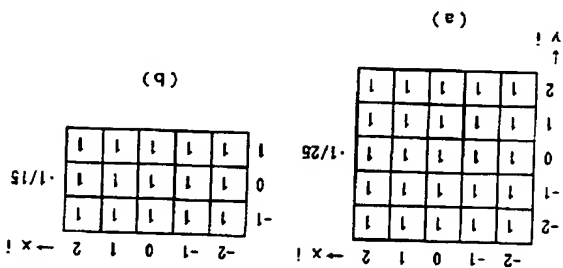
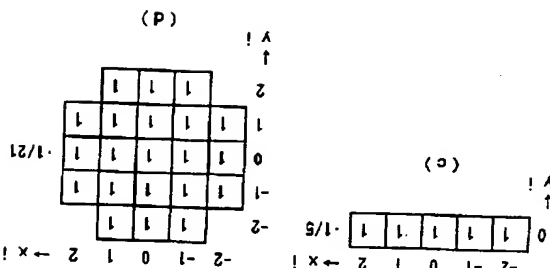
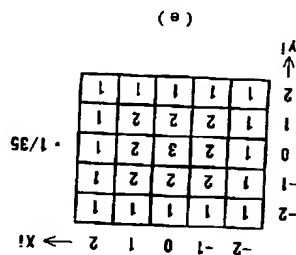
【図11】



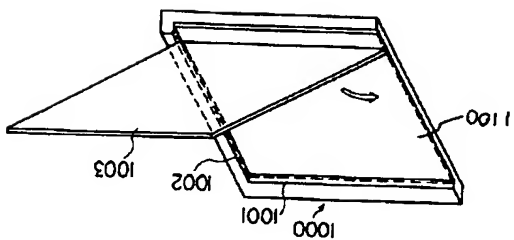
【図12】



【図13】



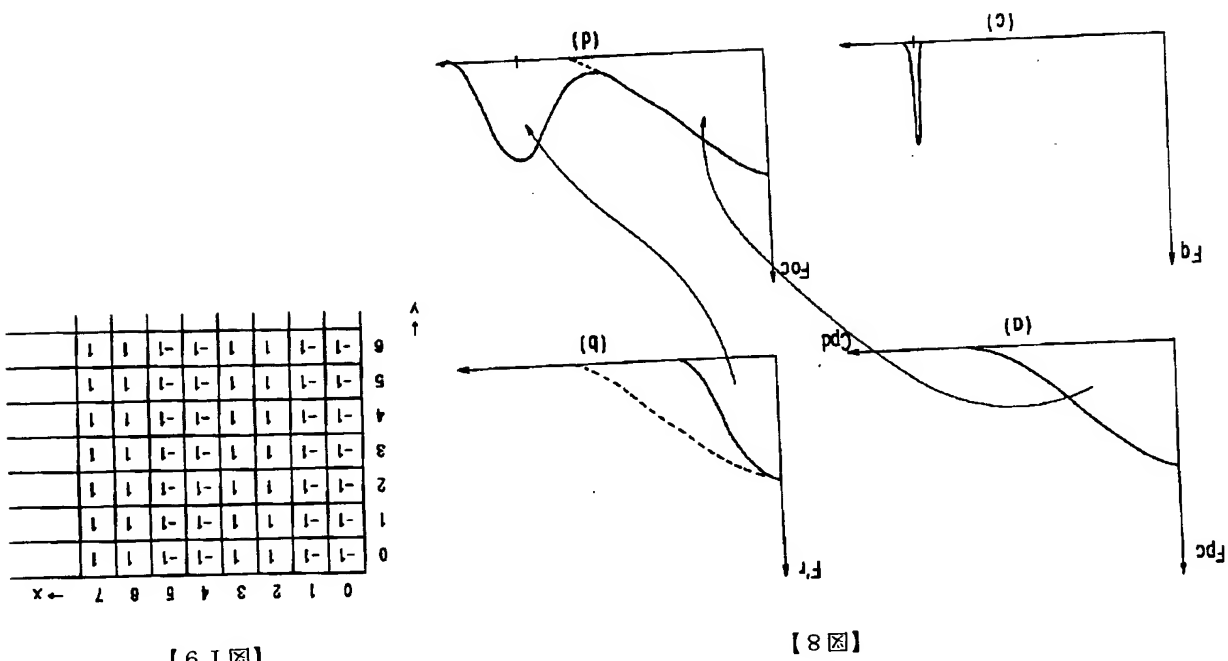
【図14】



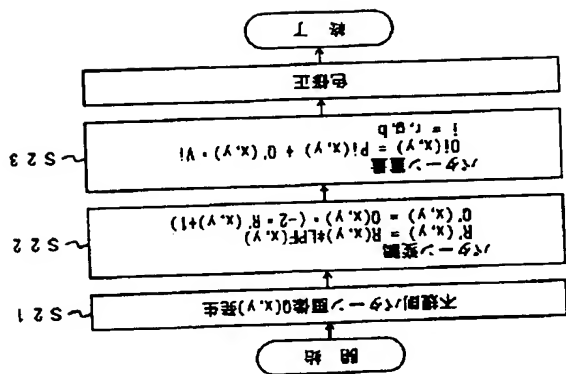
【図15】



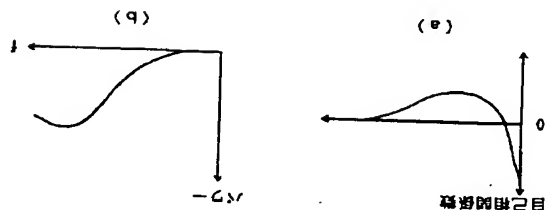
【図16】



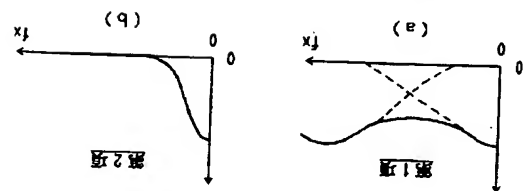
【図 12】



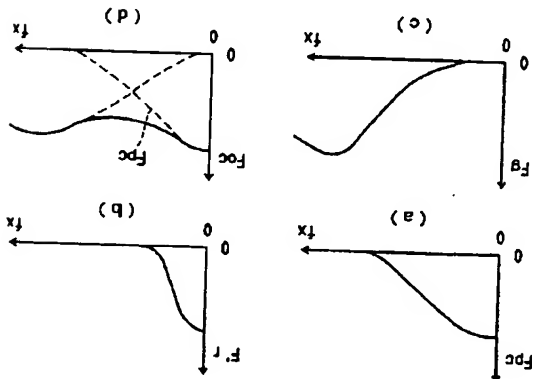
【図14】



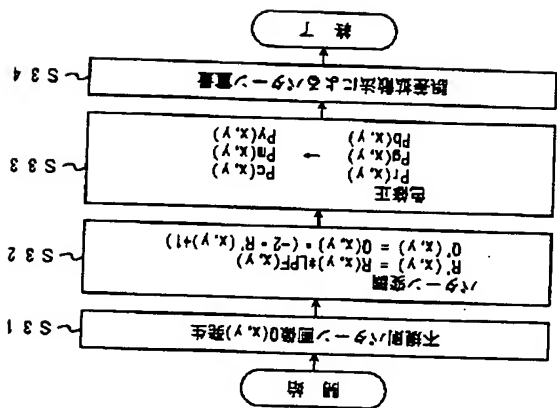
【図16】



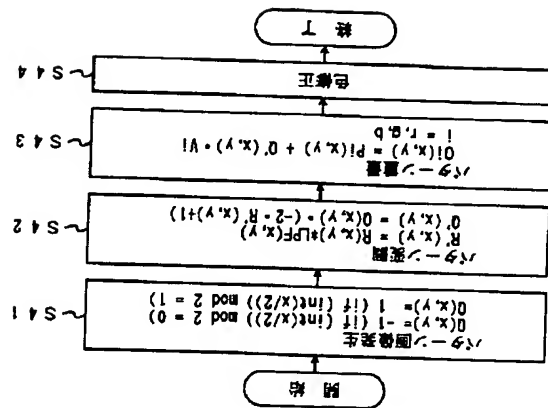
【図17】



【図15】



【図18】



技術表示箇所

識別記号 片内整理番号

F I
H O 4 N
1/40

Z	
Z	C3, 4

(72) 発明者 樋口 和彦
神奈川県川崎市幸区小向東芝町 1 番地 株
式会社東芝研究開発センター内

株式会社東芝研究開発センター内